

Übersetzung der Arbeit „DORIS PREININGER, MARKUS BÖCKLE & WALTER HÖDL (2007): Comparison of anuran acoustic communities of two habitat types in the Danum Valley Conservation Area, Sabah, Malaysia. – Salamandra, Rheinbach, 43(3): 129-138“.

## Vergleich zwischen den Rufgemeinschaften von Anuren in zwei Lebensraumtypen im Danum Valley Naturschutzgebiet, Sabah, Malaysia

**Zusammenfassung:** Wir verglichen die Anzeigerufe von Froschgesellschaften in zwei verschiedenen Lebensräumen: (i) einem offenen Gelände mit Tümpeln und Sekundärvegetation entlang einer unbefestigten Straße und (ii) an einem schnell fließenden Bach im Primärwald. Elf Arten von Fröschen wurden verzeichnet, und es zeigten sich signifikante Unterschiede in den dominanten Ruffrequenzen zwischen den beiden untersuchten Froschgemeinschaften. Sich in Bächen fortpflanzende Arten bringen höhere Frequenzen als solche hervor, die in Lebensräumen am Straßenrand leben. Eine geräuschvolle Umgebung hat Auswirkungen auf die Dominanzfrequenz und erfordert akustische Anpassungen, um das Signal-Rausch-Verhältnis zu erhöhen. Selektiver Holzeinschlag stellt eine maßgebliche Gefährdung für sich in Bächen fortpflanzende Anuren in Sabah dar. Die Verschmutzung von Klarwasserbächen bedroht die auf Bachläufe angewiesene Herpetofauna.

Schlagwörter: Amphibia, Anura, Schutz, Rufverhalten, Malaysia.

### Einleitung

Selektiver Holzeinschlag ist der hauptsächliche Verursacher von Störungen in den tropischen Wäldern Südostasiens (MARSH & GREER 1992, WILLOTT et al. 2000). Die durch Konzessionen geregelte Holzgewinnung und das Anlegen von Plantagen ziehen hochgradig fragmentierte Waldgebiete nach sich (MCMORROW & TALIP 2001, CURRAN et al. 2004) und erhöhen die Sedimentbelastung von Wasserläufen (DOUGLAS et al. 1993). Der Umfang, in dem die Biodiversität in von selektivem Holzeinschlag betroffenen Wäldern verändert wird, stellt einen bedeutenden Aspekt des Naturschutzes dar. Fragmentierung, Degradation und die Umwandlung von Regenwäldern haben Auswirkungen auf die tropische Herpetofauna (ALCALA et al. 2004). Etwa die Hälfte der Anurenarten Südostasiens ist auf Fließgewässer beschränkt und vermehrt sich in Bachläufen (INGER 1969, ZIMMERMAN & SIMBERLOFF 1996). Von den meisten Bachufer bewohnenden Anurengesellschaften Borneos ist bekannt, dass sie sich in klaren, turbulent fließenden Gewässern fortpflanzen und in Bächen mit sandigem Grund und ohne Verwirbelungen und schnelle Strömung fehlen (INGER & VORIS 1993). Mehrere Untersuchungen an Anurengesellschaften konzentrierten sich auf Umweltbedingungen wie die Vegetation, Höhenlage, Regen und Mikrohabitate (INGER 1969, DU-

ELLMAN 1978, INGER & VORIS 1993, GILLESPIE et al. 2004). Abgesehen von verhaltensphysiologischen und morphologischen Anpassungen an die Umwelt weisen Froschgesellschaften aber auch akustische Unterschiede auf. Ein entscheidender Faktor, der die Arten innerhalb einer Anurengemeinschaft voneinander trennt, ist deren Rufrepertoire (DUELLMAN & TRUEB 1986). Die akustische Partitionierung durch zeitliche und spektrale Merkmale minimiert den Wettbewerb und erlaubt den Weibchen das Erkennen von einzelnen rufenden Männchen der gleichen Art (HÖDL 1977, GARCIA-RUTLEDGE & NARINS 2001, GERHARDT & HUBER 2002). Die Dominanzfrequenz eines Froschrufes wird zum Teil durch dessen Körpergröße limitiert (KIME et al. 2000). Kopf-Rumpflänge und Dominanzfrequenz sind negativ miteinander korreliert (LITTLEJOHN 1977, DUELLMAN & PYLES 1983, RYAN & BRENOWITZ 1985). Die von Wasserfällen und schnell fließendem Wasser verursachten Geräusche tragen zur Geräuschkulisse der Umgebung bei. Bestimmte akustische Eigenschaften eines Lebensraumes („Melotops“) erfordern unterschiedliche Anpassungen hinsichtlich der Lautäußerungen von Tieren. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Artengefüge in zwei Lebensräumen innerhalb des Danum Valley Naturschutzgebietes (DVCA) ermittelt: ein schnell fließender Bach im Primärwald und ein an einer Straße gelegener Biotop mit Sekundärbewuchs.

Die spektralen und zeitlichen Besonderheiten der akustischen Signale wurden miteinander verglichen.

## Material und Methoden

### Untersuchungsgebiet

Zwischen dem 10. Januar und dem 13. März 2006 untersuchten wir Froschgemeinschaften im DVCA in Sabah, Malaysia. Das DVCA umfasst eine Fläche von 43.800 ha tropischen Tiefland-Regenwaldes und liegt im oberen Einzugsbereich des Segama River. Das Danum Valley Field Centre (DVFC) befindet sich am westlichen Rand der DVCA (4°57'40"N, 117°48'00"O; lediglich 9 % des Gebietes liegen oberhalb von 760 m über dem Meeresspiegel), von wo aus sich ein 2,8 km langer Weg nach Süden bis zum Wasserfall von Tembaling erstreckt. Die Regenzeit dauert in Sabah von Dezember bis März (Nordost-Monsun), wobei die Regenmenge im Laufe des Februar ihren Höhepunkt erreicht (monatliche Gesamtmenge 788 mm). Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt nahezu 3.000 mm bei einer Schwankungsbreite von etwa 100 mm zwischen den Jahren. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 26,7 °C, mit einem mittleren Maximum von 30,9 °C und einem mittleren Minimum von 22,5 °C. Die Schwankungen in den Tagestemperaturen sind merklich ausgeprägter als jene zwischen den Jahren. Im Zeitraum zwischen Januar und März lag die höchste gemessene Temperatur bei 32,5 °C und die niedrigste bei 20,3 °C; die mittlere relative Luftfeuchtigkeit am DVFC betrug 97,0 % um 8:00 Uhr und 89,7 % um 14:00 Uhr. Die Daten zu täglichen Regenmengen und Temperaturen zwischen Januar und März 2006 stammen von der Danum-Valley-Wetterstation, die von Angestellten des Royal Society SE Asia Rain Forest Research Programms unterhalten wird.

### Sammelverfahren

Wir konzentrierten uns auf zwei Makrohabitate, wovon eines unberührt und das andere gestört ist. Der Tembaling River liegt in primärem Diptero-carpaceenwald auf etwa 900 m Höhe und stellt sich als schnell fließender Bach mit Stromschnellen, Wasserfällen und ohne Sandboden dar. Das ausgewählte gestörte Habitat befand sich hingegen an einer unbefestigten Straße am DVFC mit Sekundärvegetation, temporären Gewässern am

Straßenrand, die jahreszeitlich bedingt Wasser führen, und unterschiedlich stark ausgeprägter Störung durch Menschen. In beiden Lebensräumen wurden 1.000 m lange, Y-förmige Transekten festgelegt und mit farbigem Band abgesteckt. Wir führten sowohl visuelle als auch akustische Suchverfahren durch. Dabei schlossen die abgesuchten Bereiche auch angrenzende Flussufer oder Vegetation innerhalb eines bis zu 3 m breiten Streifens neben dem Gewässer- bzw. Straßenrand ein. Die Probenahme erfolgte unabhängig von den gerade herrschenden Wetterbedingungen. Jeder Transekt wurde wenigstens zwanzig Mal von jeweils zwei Personen während des Tages und im Rahmen von nächtlichen Zählungen abgesucht. Wiederholte Kontrollen derselben Transekten an aufeinander folgenden Tagen wurden vermieden, um die Unabhängigkeit der einzelnen Erhebungen zu gewährleisten. Um alle rufenden Arten zu erfassen, wurde eine jeweils 24 Stunden umfassende Suche während eines Monats entlang beider Transekten durchgeführt. Nach der Lokalisierung eines rufenden Männchens wurden dessen Lautäußerungen aus einer Entfernung zwischen 1 und 5 m mit Richt- und Weitwinkelmikrofonen (Sennheiser Me 66, AKG D 190 E) auf DAT-Rekordern (Sony DAT-Rec; TCD-D8) aufgenommen. Die Temperaturen und Luftfeuchtigkeit in den Mikrohabitaten wurden mit einem digitalen Thermohygrometer (Testo 610 GM) jeweils vor einer Aufnahme gemessen. Frösche wurden an ihren Ruheplätzen aufgespürt und sofern möglich gefangen und in Plastiktüten aufbewahrt. Ihre Kopf-Rumpf- und Schnauze-Urostyl-Längen wurden mit einer Wiha-Schieblehre ( $\pm 0,1$  mm) ermittelt. Um zwischen einzelnen Individuen unterscheiden zu können, fotografierten und verglichen wir deren dorsale Farbmuster. Nach dem Vermessen wurden alle Tiere wieder freigelassen.

### Datenanalyse

Wir digitalisierten und analysierten die aufzeichneten Rufe mit der Tonanalyse-Software Raven 1.2.1 bei einer Analysefrequenz von 44,1 Hz und mit einem mono 16-bit PCM-Input sowie einer 10-Hz-Update-Rate bei normaler Geschwindigkeit. Energiespektren, Sonagramme und Oszillogramme von einem bis zu fünf Rufen wurden für jeden einzelnen Frosch analysiert und die durchschnittliche Dominanzfrequenz, Minimum- und Maximumfrequenzen, Rufdauer, Notendauer, Wiederholungsrate und die Anzahl der

Noten, sofern zutreffend, für jedes einzelne Exemplar ermittelt. Spektrographische Ansichten wurden mit einem Hann-Filter mit einer Mustergröße von 512 und einer 3-dB-Filterbandbreite von 124 Hz erstellt. Korrelationen zwischen Körpergröße (KRL) und Dominanzfrequenz wurden mit einem nicht-parametrischen Spearman-Test ( $p \leq 0,05$ ) ermittelt. ANOVA ( $p \leq 0,05$ ) wurde eingesetzt, um statistische Unterschiede zwischen KRL (mm) und Dominanzfrequenz (Hz) der Anzeigerufe der Froschgemeinschaften in den beiden Habitaten aufzuzeigen. Die Einflussnahme von KRL und Habitat auf die Dominanzfrequenz der einzelnen Arten wurde mit einem ANCOVA-Test ( $p \leq 0,05$ ) berechnet. Da die Mustergröße einiger so überprüfter Arten  $n = 1$  war, wurde der Einfluss der KRL auf die Dominanzfrequenz zweimal berechnet: einmal gemäß der Anzahl korrigiert und ein weiteres Mal ohne Korrektur. Alle statistischen Analysen wurden mit SPSS für Mac 11.0.4 erstellt.

### Ergebnisse

Während des Beobachtungszeitraumes wurden zwanzig Arten von Fröschen verzeichnet. Von elf dieser Arten wurden Aufzeichnungen angefertigt; sechs davon leben in dem gestörten Bereich und fünf in dem unveränderten Biotop: *Fejervarya nicobariensis* (Abb. 1), *Fejervarya limnocharis* (Abb. 2), *Rhacophorus dulitensis* (Abb. 3), *Polypedates leucomystax* (Abb. 4), *Polypedates macrotis* (Abb. 5), *Polypedates otitophus* (Abb. 6) bzw. *Bufo asper* (Abb. 7), *Meristogenys orphnocnemis* (Abb.

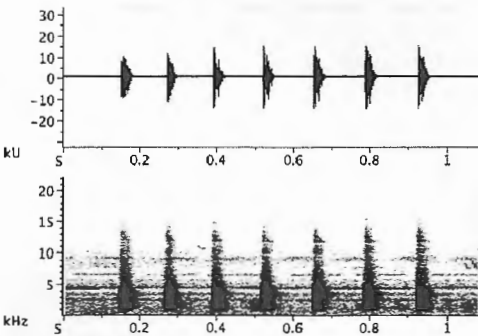


Abb. 1. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Fejervarya nicobariensis*. Temperatur bei der Aufnahme 25,4 °C.

8), *Microhyla* sp. (Abb. 9), *Staurois natator* (Abb. 10) und *Staurois latopalermatus* (Abb. 11). Für Arten ohne bekannte Frequenzdaten konnten keine Rufe aufgenommen werden (Tab. 1). Insgesamt wurden 213 Rufe analysiert. Die dominante Ruffrequenz der Anurenarten ist nicht von der KRL des rufenden Individuums abhängig ( $n = 11$ ;  $c = -0,555$ ;  $p \leq 0,077$ ;  $r^2 = 0,30$ ) (Abb. 13). Die im Bachhabitat gefundene Art *Meristogenys orphnocnemis* brachte die höchste Ruffrequenz hervor (7205,0 Hz). Jene von Anurenarten aus dem Sturzbach liegen oberhalb der errechneten Regression, mit Ausnahme von *Bufo asper* und *Microhyla* sp., während die aller Arten aus dem Lebensraum neben der Straße darunter liegen. Die größte Art war *Polypedates*

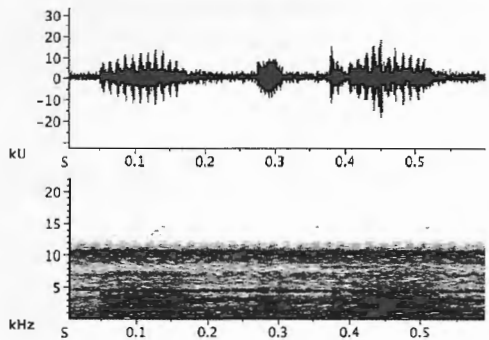


Abb. 2. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes von *Fejervarya limnocharis*. Temperatur bei der Aufnahme 24,6 °C.

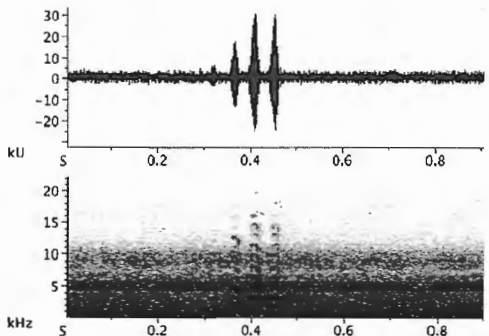


Abb. 3. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Rhacophorus dulitensis*. Temperatur bei der Aufnahme 26,3 °C.

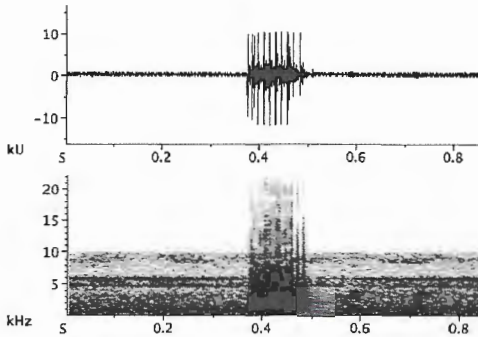


Abb. 4. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Polypedates leucomystax*. Temperatur bei der Aufnahme 25,0 °C.

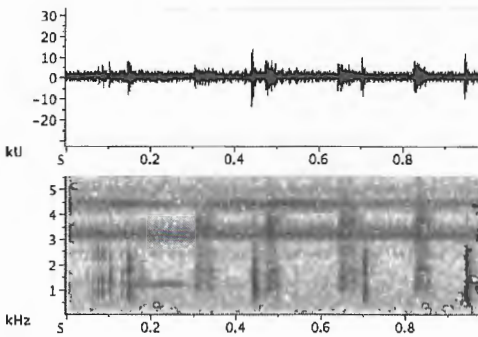


Abb. 5. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Polypedates macrotis*. Temperatur bei der Aufnahme 24,9 °C.

*otilophus* mit einer dominanten Ruffrequenz von 1.033,6 Hz. Es wurde keine Art mit einer dominanten Ruffrequenz von unter 1.000 Hz festgestellt. Die Frequenzen des Anzeigerufes von entlang dem Bachtransekten gefundenen Anurenarten sind höher als die aufgezeichneten Ruffrequenzen der in dem an der Straße lebenden Anuranarten (Abb. 14) ( $n = 11$ ;  $df = 1$ ;  $F = 7,315$ ,  $p = 0,024$ ). Die Dominanzfrequenz hängt nicht von der KRL ab ( $n = 11$ ;  $df = 1$ ;  $F = 3,822$ ,  $p = 0,082$ ), jedoch ist der Einfluss des Lebensraumes darauf signifikant ( $n = 11$ ;  $df = 1$ ;  $F = 7,031$ ,  $p = 0,029$ ). Wird die Anzahl der analysierten Individuen einbezogen, steigen die Signifikanzwerte der Abhängigkeit der Domi-

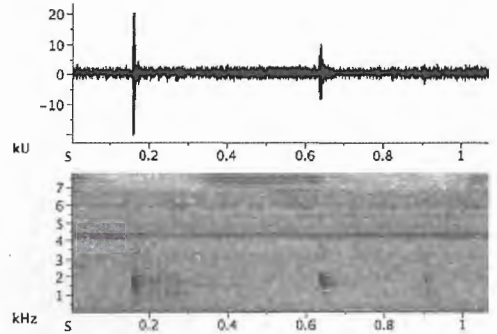


Abb. 6. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Polypedates otilophus*. Temperatur bei der Aufnahme 25,4 °C.

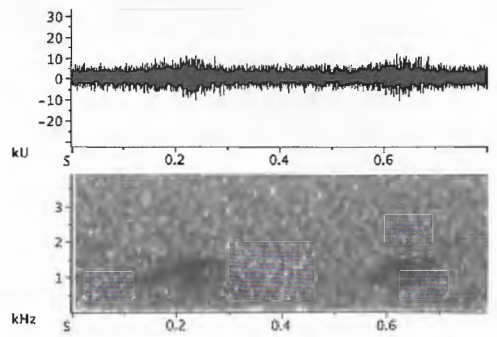


Abb. 7. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Bufo asper*. Temperatur bei der Aufnahme 24,6 °C.

nantzfrequenz, der Einfluss der KRL ( $n = 11$ ;  $df = 1$ ;  $F = 0,519$ ,  $p = 0,049$ ) und der Einfluss des Lebensraumes ( $n = 11$ ;  $df = 1$ ;  $F = 11,435$ ,  $p = 0,010$ ) an.

## Diskussion

Der Vergleich von zwei örtlich begrenzten Anurengemeinschaften in zwei verschiedenen Lebensräumen zeigt, dass die Anzeigerufe von Arten, die in einem geräuschvollen Umfeld leben, höhere Frequenzen umfassen. Schnell fließende Wasserläufe und Wasserfälle produzieren eine von niedrigen Frequenzen beherrschte Geräuschkulisse,

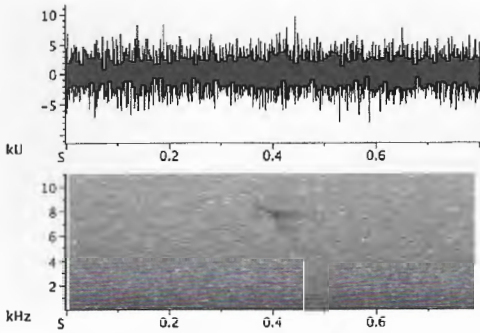


Abb. 8. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Meristogenys orphnocnemis*. Temperatur bei der Aufnahme 24,8 °C.

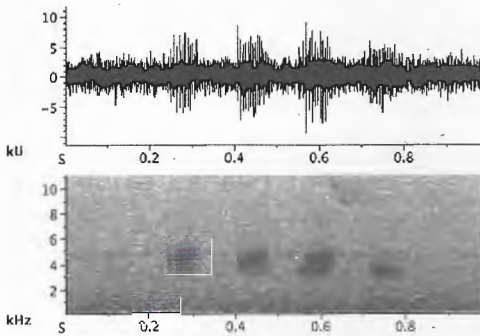


Abb. 9. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Microhyla* sp. Temperatur bei der Aufnahme 25,3 °C.

die damit zu einem Auswahlkriterium für sich in solchen Gewässern fortpflanzende Arten werden könnte (HÖDL & AMÉZQUITA 2001, FENG et al. 2006). Hochfrequente Rufe übertönen den ständig herrschenden Geräuschpegel. Spektrogramme von Bächen weisen höhere Geräuschdruckwerte in niederen Frequenzbereichen und geringere Geräuschdruckwerte in solchen über 3.000 Hz auf (HÖDL & AMÉZQUITA 2001, FENG et al. 2006, eigene unveröffentlichte Daten). Umweltbedingte Einschränkungen sollten auch die Evolution von Signalen beeinflussen (NARINS & ZELICK 1988). Natürliche Auslese begünstigt solche Signalgeber,

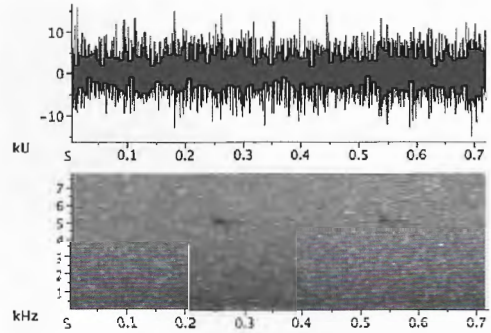


Abb. 10. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Staurois natator*. Temperatur bei der Aufnahme 25,3 °C.

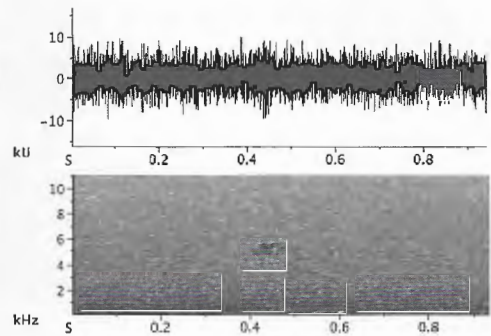


Abb. 11. Spektrogramm (Frequenz [kHz]) und Wellenform (rel. Amplitude [kUnit] = proportional zum Schalldruck der Aufnahme) des Anzeigerufes eines nicht gefangenen Exemplars von *Staurois latopalmatum*. Temperatur bei der Aufnahme 25,2 °C.

die den störenden Einfluss von Hintergrundgeräuschen und den Lautäußerungen anderer Arten zu minimieren vermögen (ENDLER 1993). Uferbewohnende Froscharten sind akustisch gut an ihre Umgebung angepasst und zeigen starke Habitatbindungen. Mit Ausnahme von *Bufo asper* bedienten sich alle in dem unveränderten Lebensraum lebenden Anuren einer mittleren Dominanzfrequenz über 3,9 kHz. Eine mögliche Erklärung für die Ruffrequenz von *B. asper* könnte sein, dass diese Art Bachufer bevorzugt, wo kleinere Turbulenzen eine geringere Geräuschkulisse produzieren. Weiterhin wird die Dominanzfrequenz von der



Fig. 12. a) *Fejervarya nicobariensis*, b) *Fejervarya limnocharis*, c) *Rhacophorus dulitensis*, d) *Polypedates leucomystax*, e) *Polypedates macrotis*, f) *Polypedates otilophus*, g) *Bufo asper*, h) *Meristogenys orphnomenis*, i) *Microhyla* sp., j) *Staurois natator*, k) *Staurois latopalmatum*. Fotos: M. BÖCKLE, W. HÖDL, T. REIS.



KRL bestimmt; größere Frösche rufen mit niedrigeren Frequenzen als kleine (LITTLEJOHN 1977, KIME et al. 2000). Unser Probenumfang war vermutlich zu klein, um die Abhängigkeit von Dominanzfrequenzen von der KRL aufzuzeigen, denn nur gewichtete Daten sind in der Lage, diesen Zusammenhang darzustellen. Alle in dem gestörten Lebensraum neben der Straße gefundenen Arten rufen mit niedrigeren Frequenzen, und die Umgebung produziert geringere Störgeräusche auf kontinuierlicher Basis. Daraus ergibt sich die Frage, warum sich so ein großer Teil von Arten in direkter Nähe zu schnell fließenden Bächen fortpflanzt (INGER 1969). ZIMMERMAN & SIMBERLOFF (1996)

zeigten auf, dass die Fortpflanzungsweise und der Lebensraum, in dem die Entwicklung stattfindet, eng mit ihrer Phylogenie assoziiert sind. Der gleiche beschränkte Satz ökologischer und reproduktiver Merkmale wird auch von Raniden, Pelobatiden und Rhacophoridae geteilt. Umweltbedingungen und interspezifische Wechselwirkungen mögen zu Adaptionen geführt haben, jedoch kann eine lokale Selektion nicht als unabhängig gewertet werden, wenn dieselbe Gemeinschaft auch nahe miteinander verwandte Arten beinhaltet. Phylogenetische Aspekte waren jedoch nicht Bestandteil unserer Analysen, und es kann sich ein gewisser systematischer Fehler aus dem Umstand ergeben, dass zwei Arten der Gattung *Staurois* in dem Bachlebensraum vertreten sind. Anzeigerufe sind von maßgeblicher Bedeutung für den Fortpflanzungserfolg und könnten bei einem gemeinsamen Vorfahren entstanden sein. Wir waren allerdings in der Lage, die Rufe von fünf Arten aus der Familie Ranidae aufzuzeichnen, drei davon an dem Bach (*Staurois latopalmaris*, *S. natator* und *Meristogenys orphnocnemis*) und zwei neben der Straße (*Fejervarya nicobariensis* und *F. limnocharis*). Alle der drei an dem Bach lebenden raniden Arten bringen Anzeigerufe hervor, deren Dominanzfrequenzen über der berechneten linearen Regressionslinie liegen (Abb. 13). Obwohl morphologische und phylogenetische Einschränkungen die Lautäußerungen von Fröschen eingrenzen, haben selektive Drücke wie etwa Umweltfaktoren zu einer Diversität in den Anzeigerufen geführt (DUELLMAN & TRUEB 1986). Akustische Partitionierung und eine Steigerung des Signal-Rausch-Verhältnisses sind Grundvoraussetzungen für im Bereich von Stromschnellen und Bächen lebende Anuren. Der Einfluss des Biotops auf den Anzeigeruf sollte den Umfang des Einflusses der Zusammensetzung des Mikrohabitats auf eine Anurengemeinschaft unterstreichen. Die meisten der verzeichneten Arten sind durch den Verlust an geeigneten Habitaten bedroht (Tab. 1). Entwaldung und darauf folgende Versandung von Bächen und Flüssen stellen für sich in diesen Gewässern Sabahs fortpflanzende Arten eine massive Bedrohung dar. Von den zwölf entlang des Baches gefundenen Arten sind drei in der Roten Liste der IUCN als „potenziell gefährdet“ klassifiziert (Tab. 1). INGER & VORIS (1993) stellten fest, dass in einem Bach mit versandetem Grund sämtliche Arten fehlten, die sich ansonsten in schnell fließenden Klarwasserbächen fortpflanzen. Das selektive Ausholzen der Wälder verändert die Wasserche-

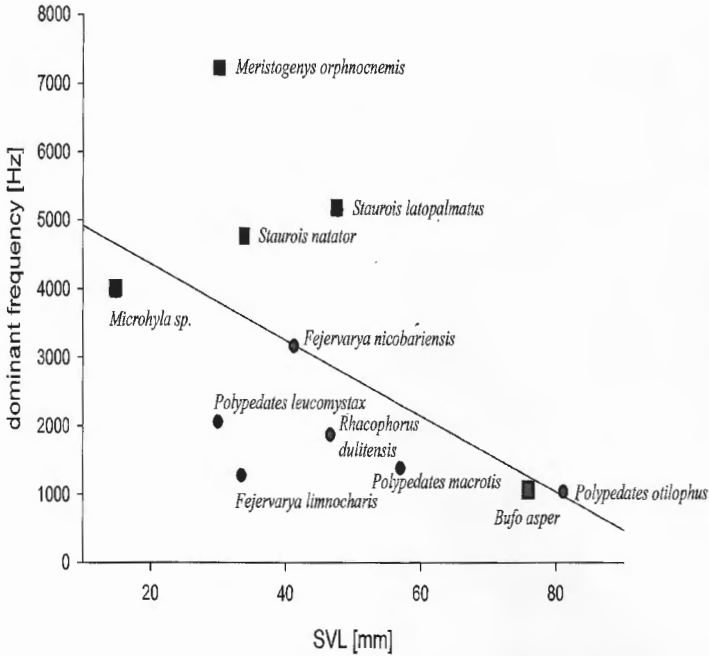


Abb. 13. Einfluss der KRL („SVL“) auf die Dominanzfrequenz des Anzeigerufes der Arten ( $y = -55,49x + 5472,71$ ). Am Bach-Transekt verzeichnete Arten sind mit einem Quadrat markiert, solche aus dem Straßenrandhabitat mit einem Kreis.

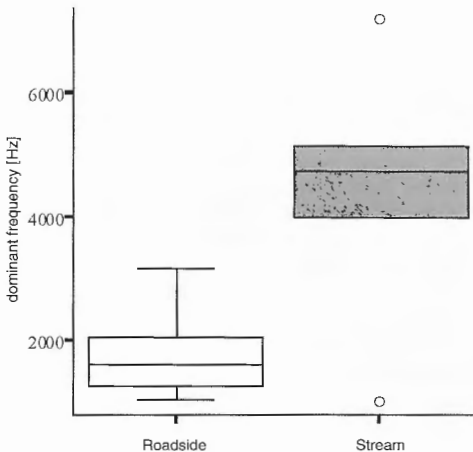


Abb. 14. Dominante Ruffrequenzen von Anurenarten aus zwei verschiedenen Habitattypen. Entlang des Baches vorkommende Arten rufen mit höheren Frequenzen als solche, die am Rande der Straße leben.

mie der Bachläufe in der Umgebung erheblich. Die Sedimentbelastung dieser Gewässer in der Nähe eines selektiven Holzeinschlags ist während der ersten fünf Monate 18 Mal höher als davor (DOUGLAS et al. 1992, 1993). Der Anstieg der Sedimentbelastung hat deutliche Auswirkungen auf Anurenlarven und die Fortpflanzung etlicher bachbewohnender Arten. Froggemeinschaften wie jene am Tembaling River zeigen, wie wichtig Schutzgebiete wie das im Danum Valley sind. Andererseits werden durch umweltverträglichen Holzeinschlag mehr Mikrohabitate geschaffen, die Anurenarten anziehen, welche normalerweise nicht in Primärwäldern zu finden sind (z. B. *Polypedates macrotis*, *Fejervarya nicobariensis* und *Rhacophorus pardalis*) (WONG im Druck). Wir glauben, dass gestörte Bereiche, wie die das Danum Valley Field Center umgebenden und die dortigen Straßen zwar Brutstätten aufweisen, die störungstoleranteren Arten zusagen, dass jedoch die weitreichende Zerstörung und Fragmentierung der Primärwälder für die charakteristische Herpetofauna von Sabah eine enorme Gefahr darstellen.



Tab. 1. Liste der gefundenen Anurenarten einschließlich ihrer Gewichte, Kopf-Rumpf-Längen (KRL), dominanten Ruffrequenzen (DF) und ihrem Status gemäß der Roten Liste der IUCN. Habitat: 1 = am Bach, 2 = am Straßenrand (Werte in Klammern beziffern die absolute Anzahl der vermessenen Exemplare); Gewicht [g]; KRL [mm]; Dominanzfrequenz, DF [Hz] (Anzahl der Exemplare/Anzahl der analysierten Rufe); Gefährdungsursache: HL = Habitatverlust, P = Verschmutzung von Bächen und Flüssen, ID = Entwicklung der Infrastruktur, N = keine; Status gemäß IUCN Rotliste (2006).

Art	Habitat	KRL	DF	Gefährdungs- ursache	Status der Roten Liste der IUCN
<i>Bufo asper</i>	1	76,2 (1)	1,031,2 (1/9)	HL/P	gering gefährdet
<i>Meristogenys orphnocnemis</i>	1	30,2 (4)	7,205,0 (1/6)	HL/P	gering gefährdet
<i>Microhyla</i> sp.	1	14,9 (5)	3,969,3 (4/25)	-	-
<i>Staurois natator</i>	1	33,9 (4)	4,746,0 (3/19)	HL/ID	gering gefährdet
<i>Staurois latopalimatus</i>	1	47,7 (11)	5,149,4 (5/20)	HL/P	gering gefährdet
<i>Ansonia longidigita</i>	1	-	-	HL/P	potenziell gefährdet
<i>Ansonia spinulifer</i>	1	3,2 (1)	-	HL/P	potenziell gefährdet
<i>Leptobranchium abbotti</i>	1	56,5 (5)	-	HL	gering gefährdet
<i>Limnonectes leporinus</i>	1	106,8 (1)	-	HL	gering gefährdet
<i>Rana picturata</i>	1	39,8 (2)	-	HL	gering gefährdet
<i>Pedostibes rugosus</i>	1	-	-	HL/P	potenziell gefährdet
<i>Chaperina fusca</i>	1	18,8 (1)	-	HL	gering gefährdet
<i>Chaperina fusca</i>	2	-	-	HL	gering gefährdet
<i>Polypedates leucomystax</i>	2	30,0 (7)	2,056,7 (4/35)	N	gering gefährdet
<i>Polypedates macrotis</i>	2	57,0 (5)	1,388,9 (1/3)	N	gering gefährdet
<i>Polypedates ottilophus</i>	2	81,1 (9)	1,033,6 (1/2)	HL	gering gefährdet
<i>Fejervarya limnocharis</i>	2	33,4 (3)	1,274,0 (3/3)	-	gering gefährdet
<i>Fejervarya nicobariensis</i>	2	41,2 (6)	3,169,7 (5/44)	HL/N	gering gefährdet
<i>Rhacophorus dulitensis</i>	2	46,6 (4)	1,868,6 (5/47)	HL	potenziell gefährdet
<i>Rhacophorus pardalis</i>	2	43,5 (6)	-	HL	gering gefährdet
<i>Occidozyga laevis</i>	2	31,0 (10)	-	N	gering gefährdet

### Danksagungen

Wir danken dem Danum Valley Management Committee, der Economic Planning Unit, dem Sabah Wildlife Department und der Universität von Malaysia Sabah für die Möglichkeit, in der Danum Valley Conservation Area zu arbeiten. Besonders Dank gilt der Royal Society (RS) und GLEN REYNOLDS für ihre Unterstützung und den Einsatz zur Ermöglichung dieses Projekts. JULIA FELLING und KAROLINE SCHMIDT halfen bei unserer Arbeit im Feld, und MARKUS GMEINER erledigte die Bildbearbeitung. Wir sind ADOLFO AMÉZQUITA für die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung überaus dankbar. ANNA WONG betätigte sich als Vermittlerin vor Ort. Finanzielle Unterstützung wurde von der Universität Wien (Kurze Wissenschaftliche Auslandsaufenthalte) und der DGHT (WILHELM-PETERS-Fonds) geleistet. Die Abteilung für Evolutionsbiologie (Universität Wien) stellte die benötigte Feldausrüstung zur Verfügung. Nicht zuletzt danken wir der Belegschaft der DVCA und der RS für ihre fortgesetzte Ermutigung.

### Schriften

ALCALA, E.L., A.C. ALCALA & C.N. DOLINO (2004):

Amphibians and reptiles in tropical rainforest fragments on Negros Island, the Philippines. – *Environ. Conserv.*, **31**: 254–261.

CURRAN, L.M., S.N. TRIGG, A.K. McDONALD, D. ASTIANI, Y.M. HARDIONO, P. SIREGAR, I. CANIAGO & E. KASISCHKE (2004): Lowland forest loss in protected areas of Indonesian Borneo. – *Science*, **303**: 1000–1003.

DOUGLAS, I., T. GREER, K. BIDIN & M. SPILSBURY (1993): Impacts of rainforest logging on river systems and communities in Malaysia and Kalimantan. – *Global Ecol. Biogeogr. Lett.*, **3**: 245–252.

DOUGLAS, I., T. SPENCER, T. GREER, K. BIDIN & W. SINUN (1992): The impact of selective commercial logging on stream hydrology, chemistry and sediment loads in the Ulu Segama Rain Forest, Sabah, Malaysia. – *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **235**: 397–406.

DUELLMAN, W.E. (1978): The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. – *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas*, **65**: 1–352.

DUELLMAN, W.E. & A.R. PYLES (1983): Acoustic resource partitioning in anuran communities. – *Copeia*, **1983**: 639–649.

DUELLMAN, W.E. & L. TRUEB (1986): Biology of amphib-

- ians. – McGraw Hill, New York.
- ENDLER, J.A. (1993): Some general comments on the evolution and design of animal communication systems. – *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **340**: 215-225.
- FENG, A.S., P.M. NARINS, C.-H. XU, W.-Y. LIN, Z.-L. YU, Q. QIU, Z.-M. XU & J.-X. SHEN (2006): Ultrasonic communication in frogs. – *Nature*, **440**: 333-336.
- GARCIA-RUTLEDGE, E.J. & P.M. NARINS (2001): Shared acoustic resources in an Old World frog community. – *Herpetologica*, **57**: 104-116.
- GERHARDT, H.C. & F. HUBER (2002): Acoustic communication in insects and anurans. – Univ. Chicago Press, Chicago and London.
- GILLESPIE, G.R., D. LOCKIE, M.P. SCROGGIE & D.T. ISKANDAR (2004): Habitat use by stream-breeding frogs in south-east Sulawesi, with some preliminary observations on community organization. – *J. Trop. Ecol.*, **20**: 439-448.
- HÖDL, W. (1977): Call differences and calling site segregation in anuran species from central Amazonian floating meadows. – *Oecologia*, **28**: 351-363.
- HÖDL, W. & A. AMÉZQUITA (2001): Visual signaling in anuran amphibians. – S. 121-141 in: RYAN M.J. (Hrsg.): *Anuran communication*. – Smithsonian Inst. Press, Washington.
- INGER, R.F. (1969): Organization of communities of frogs along small rain forest streams in Sarawak. – *J. Anim. Ecol.*, **38**: 123-148.
- INGER, R.F. & H.K. VORIS (1993): A comparison of amphibian communities through time and from place to place in Bornean forests. – *J. Tropical Ecology*, **9**: 409-433.
- IUCN, Conservation International, and NatureServe. (2006): *Global Amphibian Assessment*. – Washington. [www.globalamphibians.org, letzter Zugriff am 15. Dezember 2006]
- KIME, N.M., W.R. TURNER & M.J. RYAN (2000): The transmission of advertisement calls in Central American frogs. – *Behav. Ecol.*, **11**: 71-83.
- LITTLEJOHN, M.J. (1977): Long range acoustic communication in anurans. – S. 263-294 in: TAYLOR, D. H & S.I. GUTTMAN (Hrsg.), *The reproductive biology of amphibians*. – Plenum Press, New York.
- MARSH, C.W. & A.G. GREER (1992): Forest land-use in Sabah, Malaysia: An introduction to Danum Valley. – *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **335**: 331-339.
- McMORROW, J. & M.A. TALIP (2001): Decline of forest area in Sabah, Malaysia: Relationship to state policies, land code and land capability. – *Global Environ. Change*, **11**: 217-230.
- NARINS, P.M. & R. ZELICK (1988): The effects of noise on auditory processing and behavior in amphibians. – pp. 511-536 in: FRITZSCH, B., M. RYAN, W. WILCZYNSKI, T. HETHERINGTON & W. WALKOWIAK (eds.), *The evolution of the amphibian auditory system*. – John Wiley & Sons, New York.
- RYAN, M.J. & E.A. BRENOWITZ (1985): The role of body size, phylogeny, and ambient noise in the evolution of bird song. – *Amer. Nat.*, **126**: 87-100.
- WILLOTT, S.J., D.C. LIM, S.G. COMPTON & S.L. SUTTON (2000): Effects of selective logging on the butterflies of a Bornean rainforest. – *Conserv. Biol.*, **14**: 1055-1065.
- WONG, A. (in press): The impact of forestry practices on frog communities in Sabah, Malaysia. – PhD Dissertation. Universiti Putra Malaysia, Kota Kinabalu, Malaysia.
- ZIMMERMAN, B. & D. SIMBERLOFF (1996): An historical interpretation of habitat use by frogs in a Central Amazonian forest. – *J. Biogeogr.*, **23**: 27-46.

Eingangsdatum: 24. August 2006

Adressen der Autoren der Originalarbeit: DORIS PREININGER, MARKUS BÖCKLE, WALTER HÖDL, Department for Evolutionary Biology, University of Vienna, Althanstrasse 14, A-1090 Wien, Österreich, E-Mails: doris\_preininger@hotmail.com; markus.boeckle@gmail.com; walter.hoedl@univie.ac.at